

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-196054

(43)Date of publication of application : 21.07.1999

(51)Int.Cl.

H04B 10/152

H04B 10/142

H04B 10/04

H04B 10/06

H04B 10/02

H04B 10/18

H04N 7/22

(21)Application number : 09-360840

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 26.12.1997

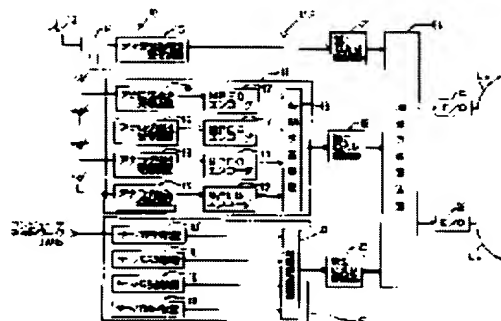
(72)Inventor : TSUJI SHINJI  
HAMAZAKI YUJI

## (54) OPTICAL COMMUNICATION NETWORK

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical communication network capable of preventing the deterioration of the quality of optical signals, when these signals are amplified by an optical fiber amplifier and relayed.

**SOLUTION:** A master center MS has 64QAM modulation subjected to multiple digital video signals of three channels, analog video signals of four channels and digital server video signals of four channels respectively, and then multiplexes the frequency of these signals to produce multiple QAM signals of eleven channels. Then the multiple QAM signals are converted into optical signals and sent to an optical transmission line. General degree of modulation (M) is set in a range of 37% to 45% to prevent the influence of Brillouin scattering with regard to the multiple QAM signals of eleven channels and also to prevent the effects of overmodulation, when these QAM signals are converted into the optical signals.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-196054

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/152

H 0 4 B 9/00

L

10/142

H 0 4 N 7/22

10/04

H 0 4 B 9/00

M

10/06

10/02

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平9-360840

(22) 出願日

平成9年(1997)12月26日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 辻 伸治

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 浜崎 祐司

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

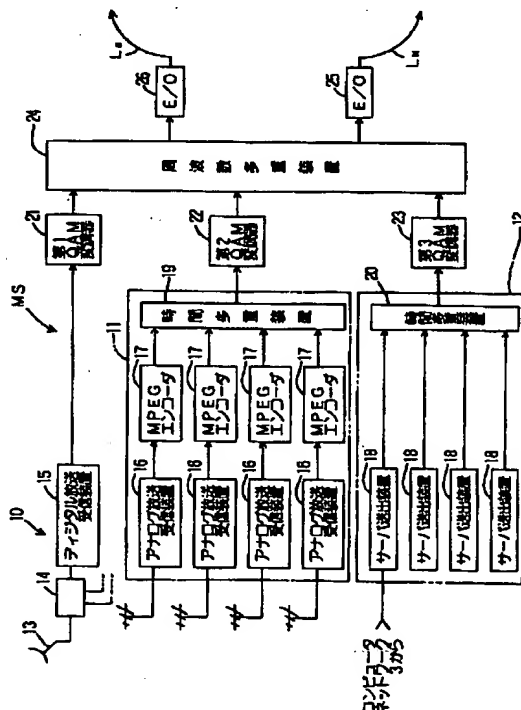
(74) 代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光通信網

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ増幅器により光信号を増幅して中継する場合、光信号の品質劣化を防止することができる光通信網を提供する。

【解決手段】 マスタセンタMSは、3チャンネルの多重デジタル映像信号、4チャンネルのアナログ映像信号、および、4チャンネルのデジタルサーバ映像信号に対して、それぞれ64QAM変調を施した後、周波数多重化し、11チャンネルの多重QAM信号を作成する。そして、この作成された多重QAM信号を光信号に変換し、当該光信号を光伝送路に送出する。多重QAM信号を光信号に変換する際の総合変調度Mは、11チャンネルの多重QAM信号に関してブルリアン散乱の影響を回避でき、かつ過変調の影響を回避できる範囲である37%~45%のうちのいずれかの値となるようにされている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 センタから光ファイバに送出された光信号を伝送する光通信網において、

上記センタは、送信すべきデータに基づいて搬送波を所定の変調方式により変調して変調信号を作成するための変調手段と、この変調手段により作成された変調信号を光信号に変換し、当該光信号を上記光ファイバに送出する光変換手段とを有し、上記光変換手段において変調信

$$P_{th1} = 10 \log_{10} \left[ \left\{ \frac{21 \times p}{g_b} \times \frac{A_{eff}}{L_{eff}} \right\} / 0.001 \right] \text{ (dBm)} \quad \dots(1)$$

上記(1)式において、 $p$ は光信号と誘導ブルリアン散乱光との偏光状態、 $g_b$ はブルリアン利得ピーク、 $A_{eff}$ は光ファイバの実効コア面積、 $L_{eff}$ は光ファイバの実効相関長である。

【請求項3】 上記設定範囲 $\Delta P$ の上限値 $P_{th2}$ は、30%ないし45%のうちいずれかの値であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の光通信網。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、センタから光ファイバに送出された光信号を伝送する光通信網に関する。

## 【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】 近年、たとえば映像配信サービスの実現のために、動画などの大容量データを高速に伝送できる光通信網の構築が望まれている。映像配信サービスのための光通信網としては、たとえば複数のセンタを光ファイバを介してリング状に接続し、映像データを各センタにおいて共用する構成が考えられる。

【0003】 このような構成において複数チャネルの映像データを配信する場合、センタは、映像データに基づいて搬送波を変調して変調信号を作成し、この作成された変調信号に基づく光信号を光ファイバに送出する。この場合、変調信号を光信号に変換する際の総合変調度（1チャネル当たりの変調度にチャネル数の平方根を乗じた値）は、過変調による歪み（クリッピング）の発生を防止するために、一般に、20%～30%といった低い値に設定される（吉田進著（株）テレケーブル新聞社発行「SCN新時代のCATV技術」p77参照）。

【0004】 光ファイバに送出された光信号は、各センタに供給されつつリング状の光ファイバを伝送していき、最終的に送信元のセンタに戻ってくる。一方、光信号を受信した各センタは、受信された光信号を電気信号に変換した後当該電気信号を各センタに接続された加入者端末に送信する。ところで、光ファイバに送出された光信号を無中継で伝送する場合、伝送距離が長くなれば信号品質は劣化し、受信側における誤り率が高くなる。

そこで、受信された光信号を電気信号に戻した後当該電気信号を検波・増幅し、再度変調した後光信号として送

号を光信号に変換する際の総合変調度 $M$ を、ブルリアン散乱および過変調の影響を回避できる設定範囲 $\Delta P$ 内のいずれかの値に設定していることを特徴とする光通信網。

【請求項2】 上記設定範囲 $\Delta P$ の下限値 $P_{th1}$ は、下記(1)式で示される値であることを特徴とする請求項1記載の光通信網。

## 【数1】

出する光リピータを光ファイバの途中部に設置することが考えられる。この光リピータの送信出力は、一般に、9 dBm程度とそれほど高くなく、したがって光リピータは、比較的短い距離（たとえば30(km)）ごとに設置される。

【0005】 しかし、光リピータでは、光信号を電気信号に変換したり、電気信号を光信号に変換したりする必要があるから、この変換を繰り返してうちに変換性能が劣化するおそれがある。そこで、光リピータの代わりに、光ファイバ増幅器（EDFA：erbium-doped fiber amplifier）を光ファイバの途中部に設置することが考えられる。光ファイバ増幅器は、受信された光信号を電気信号に変換することなくそのまま増幅し、たとえば13 dBmといった比較的大きな送信出力で光信号を光ファイバに送出する。したがって、光／電気変換および電気／光変換を行う必要がないから、上述のような変換性能の劣化という問題はない。また、送信出力が比較的大きく設定されているから、たとえば50(km)といった比較的長い距離ごとに光ファイバ増幅器を設置することができ、コストを抑えることができる。

【0006】 しかしながら、光ファイバ増幅器では、光リピータと違って送信出力が大きいから、伝送途中の光信号に対していわゆるブルリアン散乱が大きく影響する。したがって、信号品質が劣化し、受信側における誤り率が高くなるという問題がある。なお、この問題は、たとえば光信号の光源であるレーザダイオードが現在の光ファイバ増幅器と同程度の出力まで高出力化された場合に、長距離伝送であっても信号品質の劣化を防止できる点を利用し、光ファイバ増幅器による中継をせずに光信号を伝送するときにも発生し得る。

【0007】 また、光ファイバ増幅器により光信号を中継する場合、光ファイバ増幅器を多段にすればするほど、光信号の品質は劣化する。図9(a)は、1段の光ファイバ増幅器により増幅された後の光信号スペクトルを示すものであり、図9(b)は、5段の光ファイバ増幅器により増幅された後の光信号スペクトルを示すものであ

る。この図9(a)、(b)から明らかなように、5段の場合には、1段の場合に比べて信号強度とノイズとの比が若干低下しており、信号品質が劣化していることがわかる。そのため、光信号の長距離伝送を実現できないという問題がある。

【0008】そこで、この発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、光信号を高出力で光ファイバに送出する場合、光信号の品質劣化を防止することができる光通信網を提供することである。また、この発明の他の目的は、光信号を高出力で光ファイバに送出する場合、光信号の品質劣化を防止することにより、受信側における誤り率を低く抑えることができる光通信網を提供することである。

【0009】さらに、この発明の他の目的は、光信号を高出力で光ファイバに送出する場合、光信号の品質劣化を防止することにより、光信号の長距離伝送を実現できる光通信網を提供することである。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段および発明の効果】ブルリアン散乱の発生要因としては、上述の高送信出力であるという点の他に、光ファイバ増幅器間の距離が比較の長いという点、および、総合変調度が20%~30%と小さい値である点が挙げられる。したがって、ブルリアン散乱の影響を回避するためには、光ファイバ増幅器間の距離を短くする、総合変調度を高い値に設定する、のうちいずれか1つまたは両方を採用することが考えられる。

【0011】このうち、の光ファイバ増幅器間の距離を短くする場合には、光ファイバ増幅器の数が増えてしまうので、コスト面からあまり好ましくない。一方、の総合変調度を高い値に設定する場合には、そのようなデメリットはない。そこで、本発明者らは、総合変調度を変更することにより、ブルリアン散乱の影響を回避することにした。ただし、総合変調度を高くし過ぎると、過変調の影響による信号品質の劣化を無視できなくなるので、この点も考慮して総合変調度を設定することとした。

【0012】上記目的を達成するための請求項1記載の発明は、センタから光ファイバに送出された光信号を伝

$$P_{th1} = 10 \log_{10} \left[ \left\{ \frac{21 \times p}{g_b} \times \frac{A_{eff}}{L_{eff}} \right\} / 0.001 \right] \text{ (dBm)} \quad \dots(1)$$

上記(1)式において、 $p$ は光信号と誘導ブルリアン散乱光との偏光状態、 $g_b$ はブルリアン利得ピーク、 $A_{eff}$ は光ファイバの実効コア面積、 $L_{eff}$ は光ファイバの実効相関長である。

【0017】この構成によれば、光信号のチャンネル数 $n$ はもちろん、様々な光通信網の環境に応じた適切な値を下限值 $P_{th1}$ として設定できるから、どのような通信環境であっても、ブルリアン散乱の影響を確実に回避することができる。なお、上記実効コア面積 $A_{eff}$ は、たと

送する光通信網において、上記センタは、送信すべきデータに基づいて搬送波を所定の変調方式により変調して変調信号を作成するための変調手段と、この変調手段により作成された変調信号を光信号に変換し、当該光信号を上記光ファイバに送出する光変換手段とを有し、上記光変換手段において変調信号を光信号に変換する際の総合変調度 $M$ を、ブルリアン散乱および過変調の影響を回避できる設定範囲 $\Delta P$ 内のいずれかの値に設定していることを特徴とする光通信網である。

10 【0013】なお、上記変調手段における変調方式は、たとえば64QAM(Quadrature Amplitude Modulation)、16QAM、256QAM、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、VSB(Vestigial Sideband)が適用可能である。また、上記総合変調度 $M$ は、たとえば、下記(2)式で示されるものである。

$$M = m \sqrt{n} \text{ (dB)} \quad \dots(2)$$

上記(2)式において、 $m$ は、1チャンネル当たりの変調度を $m_0$ とした場合に下記(3)式で示される変調度、 $n$ はチャンネル数である。

$$20 \quad \text{【0014】} m = (m_0^2 \times n^{1.4}) / 6.4 \quad \dots(3)$$

この発明によれば、送信出力の大きな光ファイバ増幅器を利用して光信号を中継しても、ブルリアン散乱の影響を回避できるとともに、過変調の影響を回避できる。また、光変換手段として、現在の光ファイバ増幅器と同程度の出力まで高出力化されたレーザダイオードを適用する場合であっても同様である。したがって、伝送途中における信号品質の劣化を防止することができる。そのため、受信側における誤り率を低く抑えることができるから、高品質な光通信を実現することができる。また、たとえば光ファイバ増幅器を多段にしても、品質劣化を伴うことなく、光信号を長距離にわたって伝送することができる。そのため、光通信網を広範囲にわたって構築することができる。

【0015】上記設定範囲 $\Delta P$ の下限值 $P_{th1}$ は、下記(1)式で示される値であることが好ましい(請求項2)。

#### 【0016】

【数2】

たとえば下記(4)式で示される値である( $w$ は光ファイバの半径である(単位は(m))。

$$\text{【0018】} A_{eff} = \pi \times w^2 \quad \dots(4)$$

また、上記実効相関長 $L_{eff}$ は、たとえば下記(5)式で示される値である。なお、下記(5)式において、 $\alpha$ は光

ファイバの伝送損失であり（単位はdB/Km）、Lは光ファイバのファイバ長である（単位はm）。

$$L_{\text{eff}} = 1 / \{ \alpha \times \text{EXP}(-\alpha \times L) \} \quad \dots(5)$$

$$g_b = \Delta \nu B / \{ (\Delta \nu B + \Delta \nu P) \times g_b(\nu B) \} \quad \dots(6)$$

この(6)式において、 $\Delta \nu B$ はブリュアン帯域であり（単位はMHz）、 $g_b(\nu B)$ は、 $\Delta \nu B \gg \Delta \nu P$ のときの利得ピークである（単位はm/W）。また、 $\Delta \nu P$ は励起光線幅であり、たとえば下記(7)式で表される値である。

$$\Delta \nu P = 2 \times m \times (I_{\text{op}} - I_{\text{th}}) \times \text{FMR} \quad \dots(7)$$

この(7)式において、 $I_{\text{op}}$ は、送出手段としてたとえばレーザダイオードを適用する場合における駆動電流である（単位はmA）。また、 $I_{\text{th}}$ は、送出手段としてたとえばレーザダイオードを適用する場合におけるしきい値電流である（単位はmA）。さらに、FMRは、送出手段としてたとえばレーザダイオードを適用する場合に、レーザダイオードから照射される光信号の波長変化幅である（単位はMHz/mA）。

【0020】また、上記設定範囲 $\Delta P$ の上限値 $P_{\text{th2}}$ は、30%ないし45%のうちいずれかの値であることが好ましい（請求項3）。この構成によれば、どのような通信環境であっても、過変調の発生を抑制することができる。本発明者らは、予め定められた通信環境の下、上記(1)、(4)、(5)および(6)式に適切な数値を代入することにより、チャンネル数nが11の場合の下限値 $P_{\text{th1}}$ として37%という数値を得た。本発明者らは、この数値が適切であるかどうかを実験により確かめることにした。また、この実験では、上限値 $P_{\text{th2}}$ として45%が適切であることも確かめることにした。

【0021】図1は、本発明者らが行った伝送実験のモデルである光通信網の構成を示すブロック図である。この光通信網は、11個のQAM変調部60を備えている。各QAM変調部60は、実験用のデータに基づいて搬送波を64QAM変調する。11チャンネルのQAM変調信号は、周波数多重部61に与えられ、この周波数多重部61において多重変調信号に変換される。また、この光通信網は、比較用の複数チャンネルの正弦波信号を出力する比較信号作成部62を備えている。この比較信号作成部62におけるチャンネル数は、実験者により複数段階に変更可能にされている。これら多重変調信号および正弦波信号は、スイッチ部63を介して光送信器64に選択的に与えられるようになっている。

【0022】光送信器64は、レーザダイオードを有し、多重変調信号および正弦波信号をたとえば1558(nm)の波長の光信号に変換するもので、シングルモード型の光ファイバ65の一端に接続されている。光ファイバ65の他端には、受信された光信号を電気信号に変換する光受信器66が接続されており、光送信器64と光受信器66との間には、14dBmの送信出力をそれぞれ有する5個の光ファイバ増幅器67が50(km)ごとにカスケ

さらに、上記ブリュアン利得ピーク $g_b$ は、たとえば下記(6)式で示される値である。

$$\text{【0019】}$$

ード配置されている。光送信器64から出力される光信号は、5個の光ファイバ増幅器67により増幅されつづ、最終的に光受信器66において受信される。この場合における光信号の伝送距離は、約261.3(km)となっている。

10 【0023】光受信器66は、受信した光信号を電気信号に変換し、この変換後の電気信号のうち多重変調信号の場合はQAM復調部68に与え、正弦波信号の場合には直接測定器69に与える。QAM復調部68は、与えられた多重変調信号にQAM復調処理を施して元のデータを復元し、このデータを測定器69に与える。測定器69は、与えられたデータの強度に基づいて、C/Nを求める。また、与えられたデータと元のデータとを比較し、誤り訂正前の誤り率である第1ビット誤り率BER1を求める。さらに、与えられたデータに対して誤り訂正処理を施し、誤り訂正後の誤り率である第2ビット誤り率BER2を求める。

20 【0024】この実験における各種パラメータの数値は、次のとおりとなっている。 $w = 4.0 \times 10^{-6}$ 、 $\alpha = 0.25$ 、 $L = 5 \times 10^4$ 、 $\Delta \nu B = 50$ 、 $g_b(\nu B) = 5.0 \times 10^{-11}$ 、 $I_{\text{op}} = 48$ 、 $I_{\text{th}} = 16.7$ 、 $\text{FMR} = 200$ 、 $n = 11$ である。伝送実験は、このような光通信網において、光送信器64のレーザダイオードに供給される電流幅を変化させることにより総合変調度Mを調整し、各々の総合変調度Mで光信号を変換して光ファイバ65に送出させ、そのときのC/N、第1ビット誤り率BER1および第2ビット誤り率BER2を求めることにより行われた。

30 【0025】また、比較実験として、比較信号作成部62におけるチャンネル数を20、40および60に設定し、かつ、各々のチャンネル数において光送信器64における総合変調度Mを調整し、各々の総合変調度Mで光信号を変換して光ファイバ65に送出させ、そのときのC/Nを求めることにより行われた。以下その結果について説明する。

40 【0026】図2は、光送信器64における総合変調度Mと測定器69において求められるC/Nとの対応関係を示すグラフである。図2において、「△」は11チャンネルのQAM変調信号の実測値、「○」は20チャンネルの正弦波信号の実測値、「□」は40チャンネルの正弦波信号の実測値、「●」は60チャンネルの正弦波信号の実測値である。また、破線は、11チャンネルのQAM変調信号の計算値、薄い一点鎖線は、20チャンネルの正弦波信号の計算値、濃い一点鎖線は、40チャンネルの正弦波信号の計算値である。



【0027】このグラフを11チャンネルのQAM変調信号に注目して見ると、総合変調度Mが約37%以上のときには、C/Nは40dB以上となっているが、総合変調度Mが37%未満になると、C/Nは一気に下落し、30dB以下となることがわかる。この結果から、11チャンネルのQAM変調信号に関しては、総合変調度Mが37%未満のときにブルリアン散乱が大きく影響し、その結果C/Nが大きく低下したと推測される。したがって、11チャンネルの場合の下限值Pthlとしては、37%が適切であると推定できる。

【0028】なお、20チャンネル、40チャンネルおよび60チャンネルの正弦波信号について見ると、C/Nが急激に低下する特性を有している点は11チャンネルのQAM変調信号の場合と同様であるが、チャンネル数が多いほど、C/Nが急低下するしきい値となる総合変調度Mは小さな値になっている。このことから、QAM変調信号についても、チャンネル数が多いほどブルリアン散乱の影響を受けにくいことが推測され、したがってチャンネル数Nに応じて総合変調度Mの下限值Pthlを変化させる必要のあることがわかる。

【0029】図3は、C/Nと第1ビット誤り率BER1との対応関係を示すグラフである。図3において、「●」はQAM変調部60における総合変調度Mを変化させた場合に測定されたC/Nを表している。ただし、これは実験結果であるから、C/Nとしては最高値が示されており、実際のシステムでは、各種の雑音が伝送途中で信号に混入することを考えると、C/Nは「●」で示された値よりも低い値となる。

【0030】そこで、各総合変調度Mにおける実際のC/Nを推測するため、光受信器において受信信号に意図的に雑音を混入させ、そのときのC/Nを求めてみた。そして、その結果を、図3において、実線、一点鎖線および二点鎖線として表した。これら実線、一点鎖線および二点鎖線は、それぞれ、総合変調度Mとして、45%、60%および35%を設定した場合の結果である。一方、C/Nとしては、35dB以上が理想的であるが、実際には、マージン等を考慮して、28dBを下限值としても差し支えないことが知られている（日本CATV技術協会「JCTEA STD-004-1.0」参照）。

【0031】そこで、C/Nが28dBである場合の第1ビット誤り率BER1に注目し、この第1ビット誤り率BER1が $10^{-4}$ 以下となる総合変調度Mを調べてみた。その結果、約45%という数値を得ることができた。 $10^{-4}$ という値は、これ以下の第1ビット誤り率BER1であれば、誤り訂正処理により十分な品質を確保できるとして設定されたものであり、結局、総合変調度として45%を上限值とすれば、十分な品質を確保できることになる。

【0032】図4は、第1ビット誤り率BER1と第2

ビット誤り率BER2との関係を示すグラフである。図4では、「○」が実測値であり、実線が理論曲線である。このグラフを見ればわかるように、第1ビット誤り率BER1が $5 \times 10^{-4}$ 以下では、第2ビット誤り率BER2は $10^{-10}$ 以下となっている。したがって、マージンを考慮し、第1ビット誤り率BER1として $10^{-4}$ を基準にすれば、誤り訂正を行うことにより十分な品質を確保できることがわかる。

【0033】

10 【発明の実施の形態】以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。図5は、この発明の一実施形態に係るデジタルCATVシステムの構成を示す概念図である。このデジタルCATVシステムは、1つのマスタセンタMSから画像情報、文字情報および音声情報（以下総称するときは「映像情報」という。）を、複数のCATV網 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $\dots$ 、 $N_n$ （以下総称するときは「CATV網N」という。）にそれぞれ備えられる複数のセンタ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $\dots$ 、 $S_n$ （以下総称するときは「センタS」という。）に供給し、当該映像情報を各センタ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $\dots$ 、 $S_n$ から端末Tに提供できるようにしたものである。

20 【0034】マスタセンタMSから各センタSに供給される映像情報は、放送衛星や通信衛星などの衛星1、地上局2およびインターネットなどのコンピュータネットワーク3から取得された情報、およびマスタセンタMSに予め蓄積されている情報を含むものである。マスタセンタMSおよび複数のセンタSは、光伝送路CLによって互いに接続されており、マスタセンタMSと隣接するセンタSとの間、および隣接するセンタS間、約50(km)離れている。光伝送路CLは、相互に逆方向に情報を伝送する主ライン $L_M$ およびバックアップライン $L_B$ の2本の光ファイバを有し、これら主ライン $L_M$ およびバックアップライン $L_B$ によって二重ループ状になっているものである。

30 【0035】マスタセンタMSは、光伝送路CLに映像情報に対応するデジタル信号を送出する。このデジタル信号は、センタ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $\dots$ 、 $S_n$ の順に転送された後、マスタセンタMSに戻るようになっている。一方、マスタセンタMSからバックアップライン $L_B$ に送出されたデジタル信号は、前述とは逆方向である $S_n$ 、 $\dots$ 、 $S_2$ 、 $S_1$ の順に転送された後、マスタセンタMSに戻るようになっている。

40 【0036】この構成により、災害等の異常事態により光伝送路CLが断線した場合でも、各センタ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $\dots$ 、 $S_n$ に対してデジタル信号を確実に伝送でき、信頼性の高いシステムとすることができる。CATV網 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $\dots$ 、 $N_n$ は、比較的狭いサービスエリア（たとえば20(km)四方） $SE_1$ 、 $SE_2$ 、 $\dots$ 、 $SE_n$ （以下総称するときは「サービスエリアSE」という。）をサービス対象とするもので、センタS

を起点にした枝状網となっている。より具体的には、センタSには幹線TLが接続されており、幹線TLからは幹線増幅器TAを介して分岐線BLが分岐されている。さらに、分岐線BLからは分岐増幅器BAを介して分配線FLが接続されており、この分配線BLにタップオフTOを介して端末Tが接続されている。

【0037】センタSは、マスタセンタMSから伝送されてきたデジタル信号、および各センタSが独自に取得した映像情報に対応するアナログ信号を周波数多重して混合多重信号を作成し、当該混合多重信号を幹線TLに送出する。その結果、混合多重信号は、幹線増幅器TAを介して分岐線BLに分岐され、さらに、分岐増幅器BAを介して分配線FLに分岐された後、タップオフTOを介して端末Tに送られる。

【0038】図6は、マスタセンタMSの内部構成を示すブロック図である。マスタセンタMSは、衛星1から映像情報を取得するためのデジタル放送受信部10、地上局2から映像情報を取得するためのアナログ放送受信部11、および、映像情報を予め蓄積しておいたりコンピュータネットワーク3から映像情報を取得したりするためのサーバ部12を備えている。

【0039】デジタル放送受信部10は、アンテナ13の出口側に設けられた分配器14を介して複数（この実施形態では3つとする）のデジタル放送受信装置15を備えている。各デジタル放送受信装置15は、衛星1から放射されたデジタル放送電波を受信するものである。デジタル放送電波は、衛星1から提供可能なhチャンネルのうちi ( $\leq h$ ) チャンネルのデジタル映像信号が時分割多重された多重デジタル映像信号を含むものである。デジタル放送受信装置15は、受信されたデジタル放送電波から多重デジタル映像信号を抽出し、出力する。

【0040】アナログ放送受信部11は、受信可能なアナログ地上放送のチャンネルにそれぞれ対応する数（この実施形態では4つ）のアナログ放送受信装置16を備えている。アナログ放送受信装置16は、アナログ放送電波からアナログ映像信号を抽出する。アナログ映像信号は、MPEGエンコーダ17に与えられ、MPEG方式による圧縮符号化が施され、MPEG信号に変換される。

【0041】サーバ部12は、映像情報に対応するデジタルサーバ映像信号が蓄積されている複数（この実施形態では4つ）のサーバ送出装置18を備えている。デジタルサーバ映像信号は、たとえば映画やカラオケなどに対応する映像情報、コンピュータネットワーク3から取得されたカラオケ用の映像情報などをデジタルで表現したものである。

【0042】マスタセンタMSは、多重デジタル映像信号を直接第1QAM変調器21に与える。また、マスタセンタMSは、MPEG信号およびデジタルサーバ

映像信号をそれぞれ1つの時間多重装置19、20に与え、この時間多重装置19、20において各信号を時間多重させ、多重MPEG信号および多重サーバ信号を作成させる。そして、この作成された多重MPEG信号および多重サーバ信号を第2QAM変調器22および第3QAM変調器23にそれぞれ与える。

【0043】第1ないし第3QAM変調器21~23は、それぞれ、多重デジタル映像信号、多重MPEG信号および多重サーバ信号に対して64QAM変調を施し、第1QAM信号、第2QAM信号および第3QAM信号を作成する。この場合、第1ないし第3QAM変調器21~23は、第1ないし第3QAM信号の周波数帯域が互いに相違するように、各信号に対して64QAM変調を施す。

【0044】作成された第1ないし第3QAM信号は、周波数多重装置24に与えられ、この周波数多重装置24において周波数多重される。その結果、11チャンネルの多重QAM信号が作成される。この作成された11チャンネルの多重QAM信号は、2つの電気/光変換装置(E/O)25、26において光信号に変換され、主ラインLMおよびバックアップラインLBに送出される。

【0045】電気/光変換装置25、26は、レーザダイオードを有するものである。この実施形態では、このレーザダイオードに供給すべき駆動電流の電流幅（ピークツーピーク）を、多重QAM信号のチャンネル数に応じた範囲に設定している。具体的には、多重QAM信号を光信号に変換する際の総合変調度Mが、このデジタルCATVシステムのシステム環境の下、11というチャンネル数に関してブルリアン散乱の影響を回避でき、かつ過変調の影響を回避できるとして設定された設定範囲 $\Delta P$ 内のいずれかの値になるように、駆動電流幅を設定している。

【0046】たとえば、システム環境として、光ファイバの半径 $w=4.0 \times 10^{-6}$ 、光ファイバの伝送損失 $\alpha=0.25$ 、光ファイバ長 $L=5 \times 10^4$ 、ブルリアン帯域 $\Delta \nu_B=50$ 、利得ピーク $g_b(\nu_B)=5.0 \times 10^{-11}$ 、レーザダイオードに供給すべき駆動電流 $I_{op}=48$ 、しきい値電流 $I_{th}=16.7$ 、波長変化幅 $FMR=200$ 、である場合には、設定範囲 $\Delta P$ は、約37%~45%となる。

【0047】図7は、センタSの内部構成を示すブロック図である。センタSは、主ラインLMおよびバックアップラインLBにそれぞれ接続された光ファイバ増幅器30、31を備えている。光ファイバ増幅器30、31は、主ラインLMおよびバックアップラインLBを伝送してきた光信号をそのまま増幅し、約14dBmの送信出力で出力する。光ファイバ増幅器30、31の下流側には、それぞれ、光分岐器32、33が配置されている。

【0048】光ファイバ増幅器30、31から出力された光信号は、光分岐器32、33により二分され、その

うちの一方は、そのまま主ライン $L_M$  およびバックアップライン $L_B$  に送出され、隣接するセンタ $S$ に転送される。つまり、マスタセンタ $MS$ から出力される光信号は、各センタ $S$ の光ファイバ増幅器30、31において次々に増幅されつつ、光伝送路 $CL$ を伝送していくことになる。一方、光信号が作成される際の総合変調度 $M$ は、上述のように、11チャンネルに応じた設定範囲 $\Delta P$ 内のいずれかの値であるから、光ファイバ増幅器30、31の送信出力が14 dBmと比較的大きな値であっても、ブルリアン散乱の影響が及ぶことはなく、また過変調による影響もない。したがって、各センタ $S$ には、品質が劣化していない光信号が供給されることになる。

【0049】光分岐器32、33により二分されたうちの他方は、光受信装置34、35にそれぞれ導かれ、この光受信装置34、35において電気信号に変換される。光受信装置34、35から出力される電気信号、すなわち多重 $QAM$ 信号は、選択スイッチ36を介して共通ライン37に選択的に送出される。この場合、共通ライン37に送出されるのは、基本的に、主ライン $L_M$  から入力される多重 $QAM$ 信号である。ただし、主ライン $L_M$  から入力される多重 $QAM$ 信号の強度がしきい値以下となった場合には、バックアップライン $L_B$  から入力される多重 $QAM$ 信号が共通ライン37に送出されることになる。この信号選択は、共通ライン37に光分岐器38を介して接続された監視装置39において行われるようになっている。

【0050】共通ライン37に送出された多重 $QAM$ 信号は、帯域通過フィルタ(BPF)40に与えられる。帯域通過フィルタ40は、本来必要な帯域の多重 $QAM$ 信号のみを抽出し、この抽出された多重 $QAM$ 信号をAGC回路41に与える。AGC回路は、多重 $QAM$ 信号のレベルを所定レベルに調整した後、この調整後の多重 $QAM$ 信号を出力アンプ42を介してヘッドエンド43に与える。

【0051】ヘッドエンド43は、地上局2から発振されるアナログ放送電波を受信するためのアナログ放送受信装置43aを備えている。アナログ放送受信装置43aは、アナログ放送電波に含まれる変調済のアナログ映像信号(以下「アナログ放送変調信号」という。)が抽出される。ヘッドエンド43は、また、自主制作した映像や音声に対応するアナログ再生映像信号が蓄積されている録画装置43bを備えている。録画装置43bは、たとえば複数のビデオテープ装置により構成される。ヘッドエンド43は、録画装置43bに蓄積されているアナログ再生映像信号に対してアナログ変調を施し、アナログ再生変調信号を作成する。

【0052】ヘッドエンド43は、さらに、周波数多重装置43cを備えている。周波数多重装置43cは、アナログ放送変調信号およびアナログ再生変調信号(以下総称して「アナログ変調信号」という。)、ならびに多

重 $QAM$ 信号が周波数多重化され、混合多重信号が作成される。この場合、多重 $QAM$ 信号とアナログ変調信号とを互いに異なる周波数帯に含まれせる。ヘッドエンド43は、作成された混合多重信号をCATV網 $N$ 内の幹線 $TL$ に送出する。その結果、混合多重信号が各端末 $T$ まで伝送される。

【0053】図8は、端末 $T$ の内部構成を示すブロック図である。端末 $T$ には、保安器50が付設されており、落雷等から端末 $T$ を保守できるようになっている。端末 $T$ は、混合多重信号を周波数に基づいてアナログ変調信号および多重 $QAM$ 信号に分離するための分岐器51を備えている。分岐器51により分離されたアナログ変調信号および多重 $QAM$ 信号は、それぞれ、ホームターミナル52および $QAM$ 受信装置53に与えられる。ホームターミナル52は、アナログ変調信号を復調し、元のアナログ映像信号を復元する。

【0054】 $QAM$ 受信装置53は、多重 $QAM$ 信号を周波数分割し、第1ないし第3 $QAM$ 信号を復元する。また、この復元された第1ないし第3 $QAM$ 信号に対して $QAM$ 復調処理を施し、多重デジタル映像信号、多重MPEG信号および多重サーバ信号を復元する。さらに、この復元された多重デジタル映像信号、多重MPEG信号および多重サーバ信号に対して誤り訂正処理を施す。さらにまた、 $QAM$ 受信装置53は、誤り訂正後の多重デジタル映像信号、多重MPEG信号および多重サーバ信号に対して、MPEG方式の圧縮復号化処理を施し、デジタル化される前のアナログ映像信号を復元する。

【0055】上述したように、光伝送路 $CL$ を伝送する光信号は伝送途中において信号品質が劣化することがないので、誤り訂正後の各デジタル信号のビット誤り率は、ほとんど無視できる程度となっている。したがって、アナログ映像信号を正確に復元することができる。ホームターミナル52および $QAM$ 受信装置53からそれぞれ出力されるアナログ映像信号は、テレビ受像機54に与えられる。テレビ受像機54は、加入者により選択されているチャンネルに対応する信号を選択し、当該信号に対応する画像を表示する。

【0056】以上のようにこの実施形態によれば、11チャンネルの光信号を光伝送路 $CL$ に送出する際の総合変調度 $M$ を設定範囲 $\Delta P$ 内のいずれかの値に設定しているから、光ファイバ増幅器30、31による中継であっても、過変調およびブルリアン散乱の影響を受けることなく、光信号を伝送することができる。したがって、高品質な信号を各端末 $T$ に提供できるから、信頼性の高いシステムとすることができる。

【0057】また、光信号の品質が劣化することがないから、光信号を長距離にわたって伝送することができる。したがって、デジタルCATVシステムを広範囲にわたって構築することができる。この発明の実施の1

10

20

30

40

50

形態は以上のとおりであるが、この発明は上述の実施形態に限定されるものではない。たとえば上記実施形態では、この発明をデジタルCATVシステムに適用する場合を例にとって説明しているが、この発明は他の光通信網に対しても容易に適用できることは言うまでもない。

【0058】また、上記実施形態では、マスタセンタMSから光伝送路CLに送出された光信号を各センタSに備えられた光ファイバ増幅器30、31により増幅して中継する場合を例にとって説明している。しかし、たとえばマスタセンタMSの電気/光変換装置25、26が有するレーザダイオードとして、現在の光ファイバ増幅器と同程度の出力まで高出力化されたレーザダイオードが適用される場合には、光ファイバ増幅器30、31を必ずしも備える必要はない。すなわち、レーザダイオードの出力が現在の光ファイバ増幅器と同程度の出力であれば、光信号を無中継で伝送しても、信号品質の劣化を防止できるからである。この構成によれば、光ファイバ増幅器30、31は不要となるから、センタSの構成が簡単になり、コスト低減につながる。

【0059】その他、特許請求の範囲に記載された範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明者らが行った伝送実験のモデルである光通信網の構成を示すブロック図である。

【図2】総合変調度Mと測定器において求められるC/Nとの対応関係を示すグラフである。

【図3】C/Nと第1ビット誤り率BER1との対応関係を示すグラフである。

【図4】第1ビット誤り率BER1と第2ビット誤り率BER2との関係を示すグラフである。

【図5】この発明の一実施形態に係るデジタルCATVシステムの全体構成を示す図である。

【図6】マスタセンタの内部構成を示すブロック図である。

【図7】センタの内部構成を示す図である。

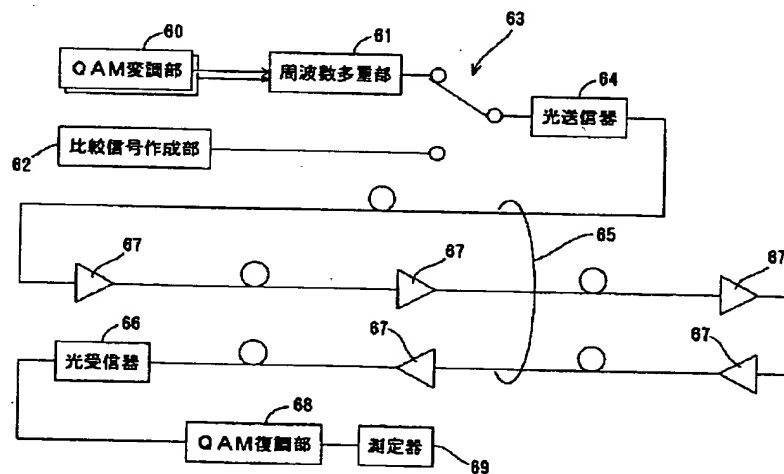
【図8】端末の内部構成を示す図である。

【図9】(a)は、1段の光ファイバ増幅器により増幅された後の光信号のスペクトルを示すものであり、(b)は、5段の光ファイバ増幅器により増幅された後の光信号のスペクトルを示すものである。

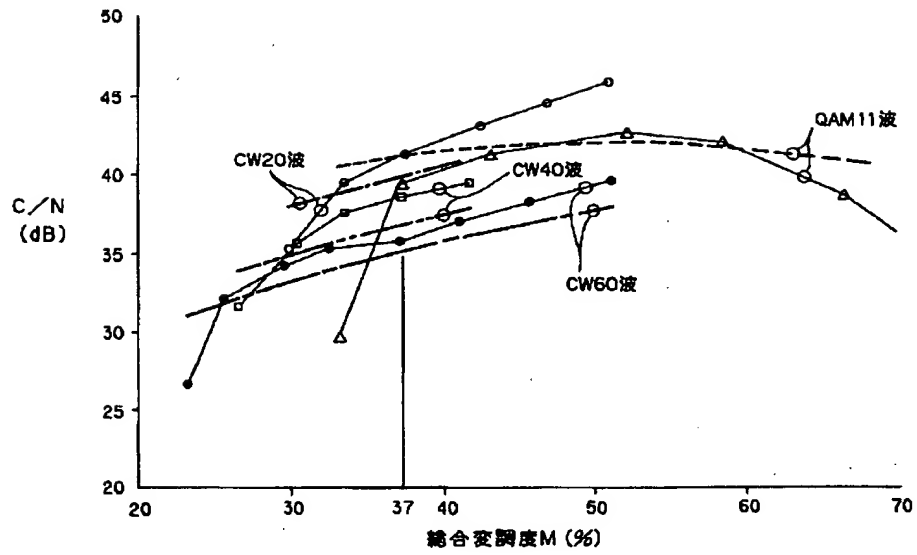
#### 【符号の説明】

- 21 第1QAM変調器(変調手段)
- 22 第2QAM変調器(変調手段)
- 23 第3QAM変調器(変調手段)
- 25、26 E/O(光変換手段)
- 30、31 光ファイバ増幅器
- L<sub>M</sub>、L<sub>B</sub> 光ファイバ
- MS マスタセンタ(センタ)
- S センタ

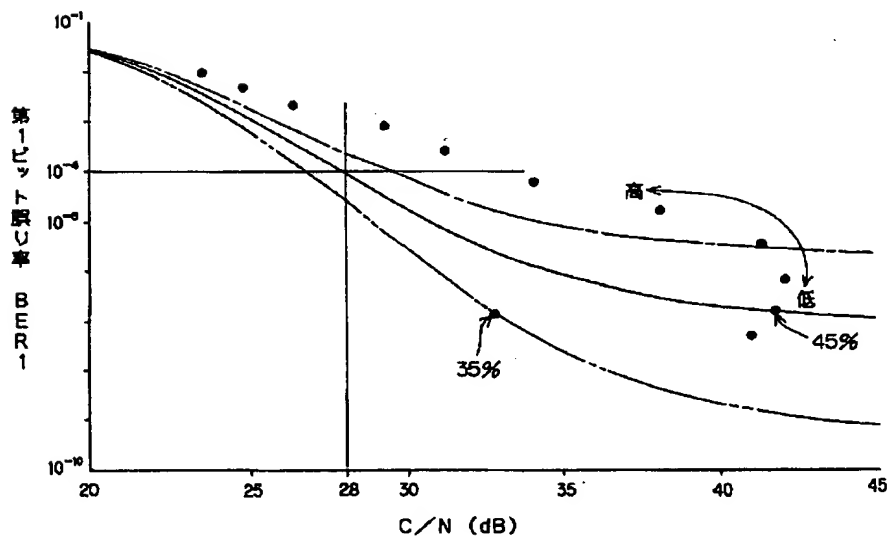
【図1】



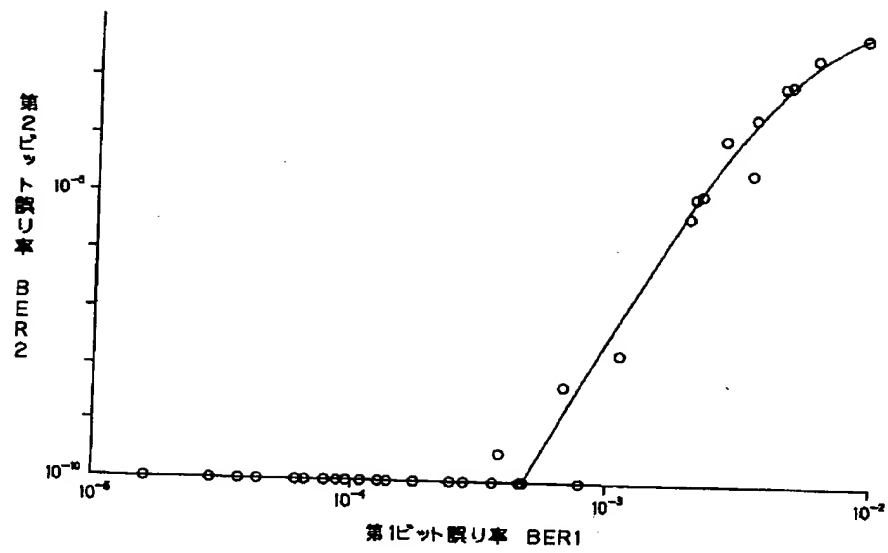
【図2】



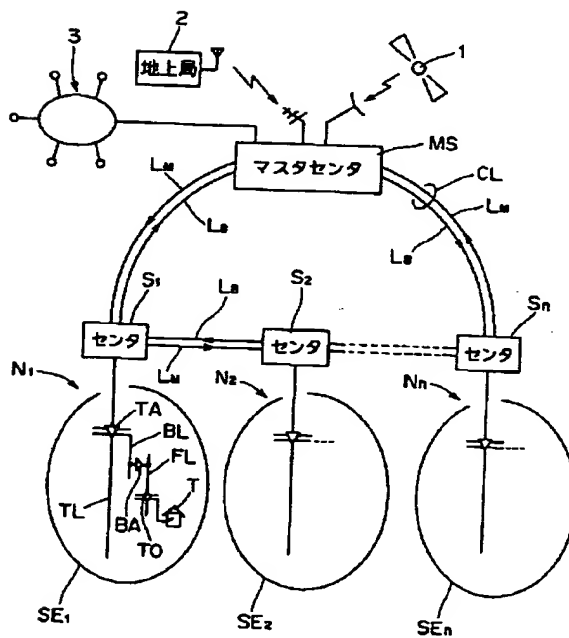
【図3】



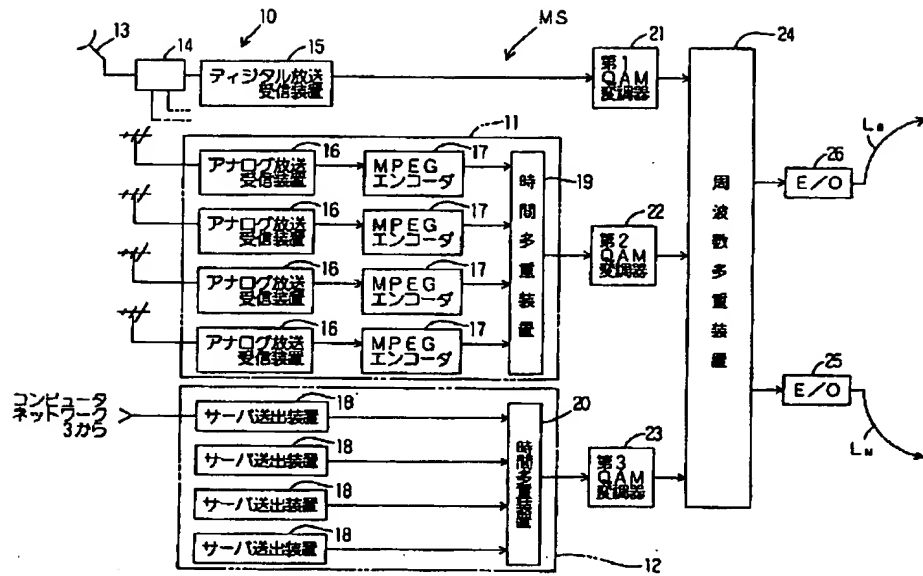
【図4】



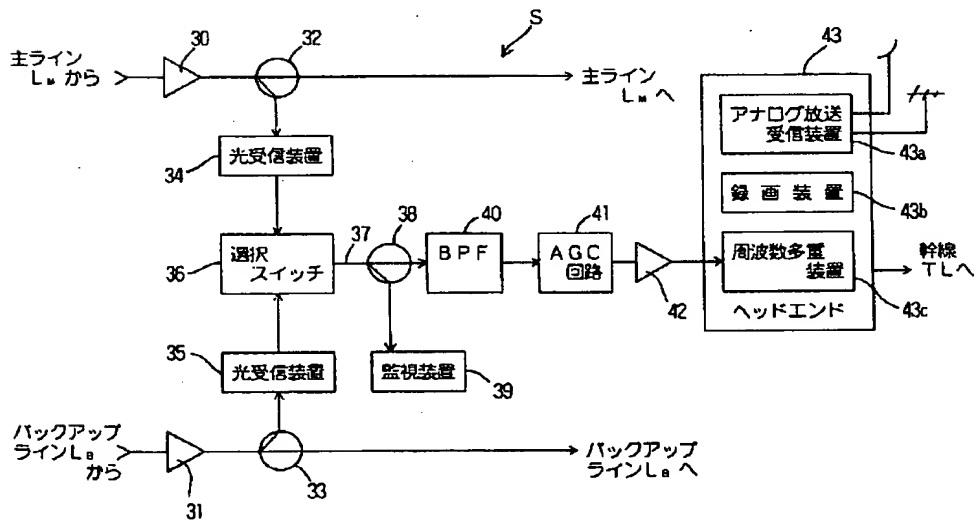
【図5】



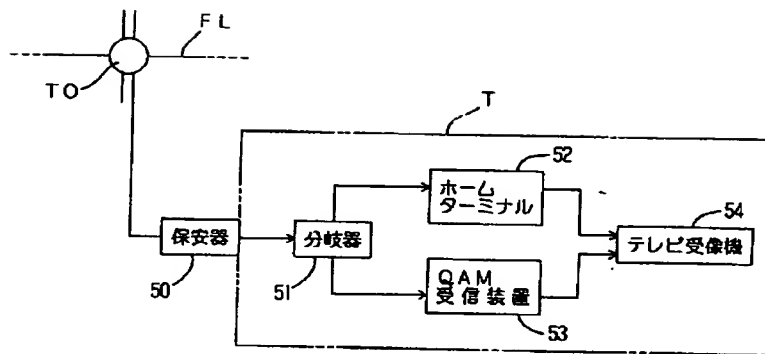
【図6】



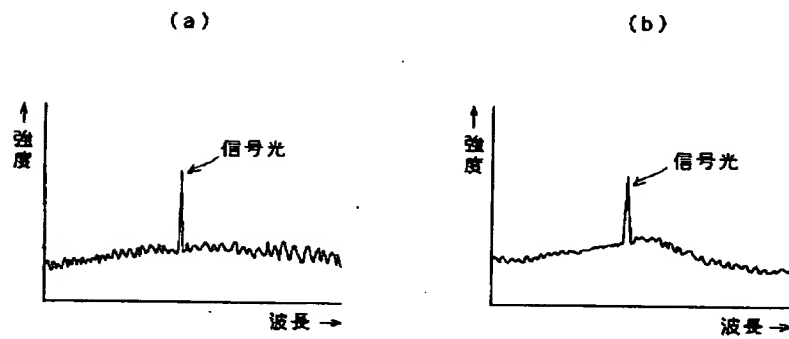
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H04B 10/18

H04N 7/22

識別記号

F I